

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]Are a liquid crystal display characterized by comprising the following, and at least one side of an orienting film of the first substrate and the second substrate consists of the first orienting film and second orienting film, The second orienting film approaches a liquid crystal layer rather than the first orienting film, and the first orienting film has the character which carries out orientation of the approaching liquid crystal element almost horizontally to a substrate plane of the first substrate or the second substrate, A liquid crystal display characterized by an almost vertical thing to a substrate plane in a field which, as for the second orienting film, the orientation direction is changing continuously to a thickness direction, is almost level to a substrate plane in a field close to the first orienting film as for an orientation direction of the second orienting film, and approaches a liquid crystal layer. The first substrate.

The second substrate.

Consist of liquid crystal layers and a liquid crystal layer is held by the first substrate and second substrate, It is an orienting film to a field where the second either one of first substrate or substrate equips a field by the side of a liquid crystal layer with an active element connected at a picture element electrode and this corresponding to each pixel, the second either one of first substrate or substrate equips a field by the side of a liquid crystal layer with a common electrode, and the first substrate and second substrate approach a liquid crystal layer.

[Claim 2]A liquid crystal display, wherein the second orienting film polymerizes and is created by membrane-formation-izing in a liquid crystal display of claim 1, after it forms a layer of low-molecular liquid crystal of photoreaction nature on the first orienting film and makes this a liquid crystal state.

[Claim 3]In a liquid crystal display of claim 1, both orienting films of the first substrate and the second substrate consist of the first orienting film and second orienting film, The first orienting film has the character which carries out orientation of the approaching liquid crystal element almost horizontally to a substrate plane of the first substrate or the second substrate, As for the second orienting film, the orientation direction is changing continuously to a thickness direction, In a field close to the first orienting film, an orientation direction of the second orienting film is almost level to a substrate plane, In a field close to a liquid crystal layer, it is almost vertical to a substrate plane, and the permittivity anisotropy of a liquid crystal layer is negative, The first substrate equips a field of a liquid crystal layer and an opposite hand with the first polarizing plate, and the second substrate equips a field of a liquid crystal layer and an opposite hand with the second polarizing plate, A liquid crystal display, wherein the first polarizing plate and second polarizing plate are arranged so that a transmission axis may intersect perpendicularly mutually and 45 degrees may be accomplished to the direction of liquid crystal orientation at the time of voltage impressing.

[Claim 4]In a liquid crystal display of claim 1, both orienting films of the first substrate and the second substrate consist of the first orienting film and second orienting film, The first orienting film has the character which carries out orientation of the approaching liquid crystal element almost horizontally to a substrate plane of the first substrate or the second substrate, As for the second orienting film, the orientation direction is changing continuously to a thickness direction, In a field close to the first orienting film, an orientation direction of the second orienting film is almost level to a substrate plane, In a field close to a liquid crystal layer, it is almost vertical to a substrate plane, and the permittivity anisotropy of a liquid crystal layer is negative, The second either one of first substrate or substrate equips a field by the side of a liquid crystal layer with a light reflector, A liquid crystal display, wherein what is not provided with a light reflector among the first substrate and the second substrate equips a field of a liquid crystal layer and an opposite hand with a polarizing plate, and a polarizing plate is arranged so that the transmission axis may accomplish 45 degrees to the direction of liquid crystal orientation at the time of voltage impressing.

[Claim 5]A liquid crystal display, wherein a light reflector serves both as either one of a picture element electrode or a common electrode in a liquid crystal display of claim 4.

[Claim 6]In a liquid crystal display of claims 3 and 4, it has a phase plate in either between the second substrate and a polarizing plate between the first substrate and polarizing plates, A phase plate is arranged so that the lagging axis may accomplish 90 degrees to the direction of liquid crystal orientation at the time of voltage impressing, And a liquid crystal display, wherein the retardation is set up become equal to the sum of a retardation of an orienting film on the first substrate, a retardation of an orienting film on the second substrate, and a retardation of a liquid crystal layer at the time of a dark display.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]In order to make operation of various functions electronic equipment smooth, the importance of the interface is increasing. Without changing the gestalt of electronic equipment greatly, since it can carry, the liquid crystal display characterized by the thin shape, a light weight, and low power consumption is the best for these interfaces. If this is used for the monitor of a personal computer etc., the monitor which is not tiring easily even if direction and height can be adjusted according to a user's posture and it uses it for a long time will be obtained. The field of the invention to which this invention belongs is a liquid crystal display.

[0002]

[Description of the Prior Art]In the liquid crystal display, in order to control the orientation direction of a liquid crystal, the orienting film is used. There are a horizontal orientation film to which orientation of the liquid crystal is carried out at an angle near in parallel to a film surface, and vertical orientation films which carry out orientation vertically in an orienting film.

[0003]In recent years, the super VA system which uses vertical orientation films for the OCB mode which uses vertical orientation films for one side of a liquid crystal layer, and both sides of a liquid crystal layer is announced, it is a wide viewing angle, and since it is a high speed response, attention is attracted. There is SID96 DIGEST p618-621 (1996) in the literature about an OCB mode, for example. There is SID 97DIGEST p845-848 (1997) in the literature about a super VA system, for example.

[0004]It can come, simultaneously vertical orientation films also came to attract attention. The mechanism to which vertical orientation films carry out orientation of the liquid crystal vertically to a film surface is not yet clear. However, the following is guessed about. As shown in drawing 2, vertical orientation films consist of an organic high polymer which has the usually long side chain 2. If this is formed and it is an orienting film, as shown in drawing 3, the side chain 2 stands close together almost vertically to a substrate plane. It becomes perpendicular orientation in order that the liquid crystal element 3 may carry out orientation along with this.

[0005]The polyimide system polymers which have an alkyl group in a side chain are mainly used for vertical orientation films.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]In the liquid crystal display element using vertical orientation films, a liquid crystal layer inclines with voltage impressing, and the tilt angle decreases. If the pre tilt angle is 90 degrees as the word "vertical orientation films" means, since the liquid crystal layer can incline by the same ease as any direction, it cannot provide the direction to which a liquid crystal layer inclines in a certain fixed direction. In this case, since many minute domains where orientation directions differ mutually at the time of voltage impressing occur, display properties are remarkably spoiled by a contrast ratio's falling or a hysteresis occurring again.

[0007]In order to control oriented state change, as for the pre tilt angle of vertical orientation films, not 90 degrees but the direction to which a liquid crystal layer inclines, for example as about 80 degrees must be defined. And in the predetermined field in an indicator, dispersion in a pre tilt angle must be made small.

[0008]A pre tilt angle is an angle which the average orientation direction of the liquid crystal layer close to an orienting film makes with a substrate plane here, and a tilt angle is an angle which the average orientation direction of the liquid crystal layer of a portion which is separated from an orienting film makes with a substrate plane.

[0009]A pre tilt angle was not fully able to be controlled by the conventional vertical orientation films. For example, the stacking tendency of vertical orientation films is influenced by the stiffness of a main chain. When vertical orientation films have a linear shape upright main chain, the pre tilt angle will be about 90 degrees. Even if the rubbing method etc. are used for this and it performs orientation treatment, a pre tilt angle is about 90 degrees, and hardly changes. Vertical orientation films are flexible, when it has a random coil-like main chain, in a predetermined field, orientation of the liquid crystal cannot be carried out uniformly, but many very small fields where the orientation direction and pre tilt angle of a liquid crystal differ from each other mutually are formed. The direction of liquid crystal orientation of each very small field is influenced by the flow direction at the time of liquid crystal enclosure, etc.

[0010]Thus, a pre tilt angle was not able to be controlled by the conventional vertical orientation films. The issue which this invention tends to solve has a controllable pre tilt angle, and is development of the vertical orientation films from which a high contrast ratio is obtained without a domain occurring.

[0011]

[Means for Solving the Problem]As shown in drawing 1, vertical orientation films of this invention consist of two-layer. It is considered as the first orienting film 21 and the second orienting film 22 from a side close to a substrate.

[0012]The first orienting film has the function to define a direction of an orientation direction of a liquid crystal layer, by defining a direction in which the second orienting film carries out orientation. The first orienting film is a horizontal orientation film, and the pre tilt angle is in the range of 2 times or more and 20 degrees or less. If the first orienting film is an organic high polymer of a polyvinyl alcohol system, and an organic high polymer of a polyimide system, for example, orientation treatment can be carried out by the rubbing method mass production technology was already established. Or if the first orienting film is used as a photo-oriented organic high polymer like a polyvinyl cinnamic acid again, orientation treatment can be carried out by optical exposure. In this case, a characteristic

change of a thin film transistor by static electricity does not arise like the rubbing method.

[0013]The second orienting film has the function to define a pre tilt angle. It is vertical orientation films, the second orienting film applies low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature, after forming the first orienting film, and after it makes this a liquid crystal state, photopolymerization of it is carried out and it forms it. Or after applying again a solution containing low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature after forming the first orienting film, and removing a solvent, low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature is made into a liquid crystal state, and photopolymerization is carried out after that and it forms. In order to apply the second orienting film according to a comparatively hypoviscosity liquid state in the above preparation method, control and its equalization of thickness are easy.

[0014]An example of molecular structure of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature used for the second orienting film is typically shown in drawing 4. It has the photopolymerization group 4 at the end, has the end group 7 at another end, and comprises the bond part 5 which combines the MEZOGEN group 6 combined with an end group, and a MEZOGEN group and a photopolymerization group. Since a photopolymerization group is in an end, there is little steric exclusion, and photoreaction arises at a high rate. Since the molecule is unsymmetrical, it is hard to produce a smectic phase. Since it becomes a nematic phase in a wide temperature requirement, there is comparatively little temperature dependence of viscoelasticity, and orientation control is easy.

[0015]If a photopolymerization group is made into an acrylic group, photopolymerization will become possible by ultraviolet rays of long wavelength rather than 350 nm, and it will become difficult to produce a photolysis by irradiation light. If an acrylic group and a basis which has pi electrons, such as a phenyl group, to a part in which conjugate is possible are arranged, photopolymerization will become possible by ultraviolet rays of long wavelength. Since an absorbancy index increases, optical irradiation time can be shortened and a throughput at the time of mass production can be improved.

[0016]Although orientation direction of a mechanism regulated with an orienting film of a liquid crystal layer is not clear, if it sees with a molecular level, it will be considered to be the cause that an orienting film molecule and a liquid crystal element form an association condition of a certain kind. And if the molecular structure uses a thing similar to a liquid crystal element for an orienting film molecule, it will be easy to form an association condition, and it is thought that the stacking tendency of a liquid crystal is stabilized.

[0017]An alkyl group and a nonpolar group like a hydrogen atom are introduced into an end group of a liquid crystal element, for example. A cyano group is introduced into a liquid crystal for low voltage drives. Polar groups, such as a hydroxyl group, a nitro group, and a halogen atom, and an alkyl group by which all hydrogen was replaced with a halogen atom in part other than a cyano group are introduced. In particular, in a high resistance liquid crystal for an active drive, an alkyl group containing a fluorine atom or a fluorine atom is introduced. If an end group of photopolymerization nature low-molecular liquid crystal used for the second orienting film is made to be the same as that of an end group of these liquid crystal elements, after employing a special feature of each liquid crystal efficiently, stable perpendicular orientation will be obtained.

[0018]a MEZOGEN group of a liquid crystal element — an annular group — the singular number — or more than one are included. As shown in drawing 14, an annular group A phenyl group (a), a cyclohexyl group (b), and a naphthyl group (c), Double structure to (d) and a cyclohexyl group One or structure (e) – (h) introduced two, Or they may be structure (i) which replaced a carbon atom of a cyclohexyl group with an oxygen atom again, structure (j) which replaced a carbon atom of a cyclohexyl group with a nitrogen atom, and structure [which replaced a carbon atom of a phenyl group with a nitrogen atom] (k) – (o). A halogen atom may replace these singular number or two or more hydrogen atoms. It is in a tendency for a temperature requirement used as a nematic phase to rise, so that the number of annular groups increases, for a double reflex to increase, and for viscosity to increase.

[0019]Two or more annular groups may be coupled directly, and may be combined via an ester group, a diazo group, and ethylene. An example of such a MEZOGEN group is shown in drawing 5. (a) is the structure (biphenyl group) which two phenyl groups combined directly, (b) is the structure (bicyclo hexyl group) which two cyclohexyl groups combined directly, (c) is the structure (phenyl cyclohexyl group) which a cyclohexyl group and two phenyl groups combined directly, (d) is the structure (triphenyl group) which three phenyl groups combined directly, (e) is the structure (tricyclohexyl group) which three cyclohexyl groups combined directly, (f) is the structure which two phenyl groups combined via an ester group, (g) is the structure which two phenyl groups combined via an ethyl group, (h) is the structure which two phenyl groups combined via oxygen, (i) is the structure which two phenyl groups combined via a diazo group, (j) is the structure which replaced two hydrogen atoms of (j) with a fluorine atom, and (k) is the structure which two phenyl groups combined via azo. If a MEZOGEN group of photopolymerization nature low-molecular liquid crystal used for the second orienting film is made to be the same as that of a MEZOGEN group of these liquid crystal elements, after employing a special feature of each liquid crystal efficiently, stable perpendicular orientation will be obtained.

[0020]A bond part may be an alkyl group. If the number of chains is one or more, photopolymerization will be performed efficiently, without receiving steric exclusion of a MEZOGEN group. If the number of chains is ten or less, a fall of the degree of orientation order of a liquid crystal by a flexible alkyl group will not arise.

[0021]A direction of the low-molecular liquid crystal 8 of photopolymerization nature applied on the first orienting film is determined by orientation direction of the first orienting film. The tilt angle changes with the distance from the first orienting film, as shown in drawing 6 (a). In respect of touching the first orienting film, orientation restraining force of the first orienting film is dominant, and a pre tilt angle is equal to a pre tilt angle of the first orienting film. Since orientation restraining force of the first orienting film becomes weaker as it separates from the first orienting

film, a tilt angle increases in response to influence of surface tension. If thickness of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature is made thick enough, by an interface of an opposite hand, influence of surface tension will become dominant to the first orienting film. Therefore, if thickness of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature is adjusted, a tilt angle in an interface of an opposite hand can be set up to the first orienting film by within the limits from a pre tilt angle of the first orienting film to 90 degrees.

[0022]By carrying out photopolymerization of this, it is combined mutually and low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature serves as the second orienting film 22. At this time, a portion (an end group, a MEZOGEN group, and a bond part) besides optical coupling Motomochi of low-molecular liquid crystal is membrane-formation-ized, maintaining most orientation directions in a liquid crystal state, as shown in drawing 6 (b). In order to carry out orientation of the liquid crystal element 3 close to the second orienting film along with an end group and a MEZOGEN group in an approaching interface, a tilt angle of a liquid crystal layer becomes within the limits from a pre tilt angle of the first orienting film to 90 degrees. Thus, in this invention, it becomes possible to control a pre tilt angle of a liquid crystal layer within the limits of 4 to 90 degrees.

[0023]For example, a pre tilt angle is chosen from within the limits of the above as the following ranges in a liquid crystal display which makes a dark display a homeotropic orientation at the time of impressing no voltage. If it is considered as 90 tilt angles of a liquid crystal layer, a retardation of a liquid crystal layer will be set to 0 nm, and if two polarizing plates are arranged on condition of crossed nicols to the upper and lower sides, an ideal dark display of 0% of transmissivity will be obtained. Although operation normal as mentioned above is not obtained in 90 tilt angles, since a direction to which a liquid crystal layer inclines can be specified if it is 88 degrees or less, normal operation is obtained. And since a retardation of a liquid crystal layer is 0 nm substantially if a tilt angle of a liquid crystal layer is 85 degrees or more, a dark display near an ideal is obtained. Thus, what is necessary is just to carry out a tilt angle of a liquid crystal layer within the limits of 88 degrees or less 85 degrees or more in a liquid crystal display which makes a dark display a homeotropic orientation at the time of impressing no voltage.

[0024]As mentioned above, in a field close to the first orienting film, tilt angles of the second orienting film are a horizontal orientation film and comparable [about], for example, 4 times, are taken for separating from the first orienting film, and increase gradually. Therefore, it may become a big value to such an extent that a retardation of the second orienting film cannot be disregarded. What is necessary is just to arrange an orientation direction of the second orienting film in the first substrate and second substrate so that it may intersect perpendicularly mutually in order for this to eliminate influence which it has on display properties.

[0025]Or what is necessary is to arrange a phase plate between a substrate and a polarizing plate, to arrange the lagging axis again so that 90 degrees may be made to an orientation direction of the second orienting film, and just to set up the retardation equally to a retardation of the second orienting film. A retardation of a phase plate may be set up become equal to the sum of a retardation of a liquid crystal layer in the second retardation and dark display of an orienting film, and may compensate both a retardation of the second orienting film, and a retardation of a liquid crystal layer in a dark display.

[0026]

[Embodiment of the Invention]The contents of this invention are more concretely explained using an example.

[0027]The concentration was made into 4% by using orienting film material SANEB A by "Example 1" Nissan chemicals incorporated company as a N-methyl-2-pyrrolidone solution. The spin coat method was used and applied to the substrate which consists this solution of borosilicate glass, and it heated to 250 degrees after that, and it calcinated for 30 minutes and membrane-formation-ized. Orientation treatment was performed to this by the rubbing method, and the orientation direction was appointed, and the pre tilt angle was made into 4 times, and it was considered as the first orienting film. The thickness of the first orienting film could be about 100 nm.

[0028]The solution containing low-molecular liquid crystal and the photoreaction initiator of photopolymerization nature was applied and heated with the spin coat method on the first orienting film, and the solvent was removed. It irradiated with ultraviolet radiation, after heating this and making low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature into a liquid crystal state. To the light source, far ultraviolet light was removed through the blue filter which has the maximum of a transmission spectrum near the wavelength of 370 nm using a low-pressure mercury lamp.

Intensity of irradiation light was made into 1 W/cm², and it irradiated with it for about 5 minutes. By this, photopolymerization of the low-molecular liquid crystal was carried out, it was membrane-formation-ized, and it was considered as the second orienting film. The thickness of the second orienting film could be about 300 nm.

[0029]To the photoreaction initiator, it mixed at a rate of 5% to low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature using Irgacur-651 made from Ciba-Gaeigy.

[0030]A photopolymerization group is an acrylic group and the bond part used for low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature what chain length is an alkyl group of 4, a MEZOGEN group is a phenyl cyclohexyl group and is a cyano group as for an end group.

[0031]Two substrates with an orienting film created as mentioned above were combined so that the direction of orientation treatment of the first orienting film might become anti-parallel, and it was considered as the liquid crystal cell which has an intersection of the electrode of about 30 mm around. Permittivity anisotropy enclosed with this liquid crystal material ZLI-3200 of Merck Co. which is negative. It was 80 degrees when the tilt angle of the average of a liquid crystal layer was measured by the crystal rotation method.

[0032]Since the pre tilt angle of the first orienting film is 4 times, in the field which touches the first orienting film, the pre tilt angle of the orientation direction of the second orienting film is considered to be 4 times. The restraining force of the first orienting film becomes weaker as it separates from an interface with the first orienting film,

surface tension becomes dominant, and a pre tilt angle increases. In the interface which touches the liquid crystal layer of the second orienting film that separated 300 nm from the first orienting film, it seems that the pre tilt angle amounts to 80 degrees. The polarizing plate was stuck on the upper and lower sides of a liquid crystal cell on condition of crossed nicols. The transmission axis of a polarizing plate has been arranged so that the direction of liquid crystal orientation and 45 degrees may be made. When the displaying condition of the electrode intersection of this liquid crystal cell was observed visually, over the whole, it is uniform and display unevenness was not observed. Voltage was impressed to this and change of the displaying condition accompanying change of a pressure value was observed visually. Change of a display is uniform over the whole electrode intersection, and display unevenness was not observed. Thereby, it went across the pre tilt angle all over the indicator, and the sufficiently uniform thing was proved.

[0033]As mentioned above, by having formed low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature so that thickness might be set to 300 nm, and having controlled the orientation by surface tension and orientation restraining force of the first orienting film, the pre tilt angle crossed all over almost, and the vertical orientation films which are 80 degrees uniformly were obtained.

[0034]In "Example 2" example 1, the thickness of the second orienting film was about 400 nm. It was 86 degrees when the tilt angle of the average of a liquid crystal layer was measured by the crystal rotation method like Example 1.

[0035]Although the voltage dependency of the displaying condition was observed like Example 1, display unevenness was not observed, but the pre tilt angle crossed all over the indicator also in this case, and the sufficiently uniform thing was checked.

[0036]As mentioned above, by having formed low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature so that thickness might be set to about 400 nm, and having controlled the orientation by surface tension and orientation restraining force of the first orienting film, the pre tilt angle crossed all over almost, and the vertical orientation films which are 86 degrees uniformly were obtained.

[0037]The sectional view of the liquid crystal display of this example is shown in "Example 3" drawing 7. The first substrate 11 is a product made from borosilicate glass, and thickness is 0.7 mm. The first substrate equips with the third orienting film 23, common electrode 17, and light filter 13 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to the liquid crystal layer 10. The third orienting film is the same as the first orienting film of Example 1, and was formed by the same method as Example 1. A common electrode is a product made from ITO (Indium Tin Oxide), and the thickness is 200 nm.

[0038]The second substrate 12 is a product made from borosilicate glass like the first substrate, and thickness is 0.7 mm. The second substrate equips with the second orienting film 22, first orienting film 21, reflector 16, and active element 14 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to a liquid crystal layer. The second orienting film is the same as the second orienting film of Example 1, and was formed by the same method as Example 1. The first orienting film is the same as the first orienting film of Example 1, and was formed by the same method as Example 1. A reflector is a product made from aluminum and the thickness is 200 nm. An active element is a reverse stagger type amorphous-silicon-membrane transistor (Thin Film Transistor, TFT). It is in contact with the drain wire and reflector of TFT in the through hole 15, and the reflector and the active element are insulated by the insulating layer 18 which consists of silicon nitride. The thickness of an insulating layer is 2 micrometers. As the direction of orientation treatment of the third orienting film and the direction of orientation treatment of the first orienting film grew into anti-parallel, they assembled the first substrate and second substrate.

[0039]To the indicator, polymer beads 6 micrometers in diameter were distributed by the density of 150 per 1-mm². Liquid crystal material ZLI4792 by Merck Co. was enclosed, and it was considered as the liquid crystal layer 10. Since the pre tilt angles of the second orienting film and the third orienting film were 80 degrees and 4 times, respectively, they were able to make the liquid crystal layer hybrid orientation.

[0040]To the direction of liquid crystal orientation, as the lagging axis intersected perpendicularly, it stuck the polycarbonate phase plate whose retardation in the wavelength of 550 nm is 270 nm on the side which does not approach the liquid crystal layer of the first substrate. On it, to the direction of liquid crystal orientation, as the transmission axis accomplished 45 degrees, it stuck the polarizing plate.

[0041]It measured in the state of gate opening of the impressed-electromotive-force dependency of the reflectance of the liquid crystal display element created as mentioned above. Reflectance of the magnesium oxide board measured on the conditions was made into 100% of reflectance. The minimum of reflectance was obtained with the impressed electromotive force 1.8V, and the minimal value was 1.2%. The maximum of reflectance was obtained with the impressed electromotive force 3.5V, and the maximal value was 26.5%.

[0042]The signal side drive circuit 38 and the scanning side driving circuit 39 were connected to this liquid crystal display element, and it was considered as the liquid crystal display. This state is shown in drawing 8. The picture element part with a size of about 100 micrometers x 300 micrometers created the SVGA type liquid crystal display perpendicularly located in a line 600 pieces and horizontally 800x3 pieces. Although the various patterns were displayed and those displaying conditions were observed visually, display unevenness in particular was not observed. Visual observation was performed by making the whole surface of an indicator into a dark display on the conditions which are the easiest to find out display unevenness. Also in this case, display unevenness in particular was not observed.

[0043]As mentioned above, after controlling the orientation of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature by surface tension and orientation restraining force of the first orienting film, by having carried out

photopolymerization of this and having considered it as the second orienting film, the pre tilt angle crossed all over almost, and the vertical orientation films which are 80 degrees uniformly were obtained. By using this for the orienting film of one side, the liquid crystal display of the uniform hybrid orientation of a display was obtained.

[0044]The sectional view of the liquid crystal display of this example is shown in "Example 4" drawing 9. The first substrate is a product made from borosilicate glass, and thickness is 0.7 mm. The first substrate 11 equips with the fourth orienting film 24, third orienting film 23, common electrode 17, and light filter 13 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to the liquid crystal layer 10. The fourth orienting film and third orienting film are the same as the second orienting film and first orienting film of Example 2 respectively, and were formed by the same method as Example 3. A common electrode is a product made from ITO, and the thickness is 200 nm.

[0045]The second substrate 12 is a product made from borosilicate glass like the first substrate, and thickness is 0.7 mm. The second substrate equips with the second orienting film 22, first orienting film 21, picture element electrode 19, and active element 14 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to a liquid crystal layer. The second orienting film and first orienting film are the same as the second orienting film and first orienting film of Example 2 respectively, and were formed by the same method as Example 2. A picture element electrode is a product made from ITO, and the thickness is 200 nm. An active element is the reverse stagger type amorphous silicon TFT.

[0046]As the direction of orientation treatment of the third orienting film and the direction of orientation treatment of the first orienting film grew into anti-parallel, they assembled the first substrate and second substrate.

[0047]To the indicator, polymer beads 6 micrometers in diameter were distributed by the density of 150 per 1-mm². Permittivity anisotropy enclosed liquid crystal material ZLI-3200 by Merck Co. which is negative, and considered it as the liquid crystal layer. Since each pre tilt angle of the second orienting film and the fourth orienting film was 86 degrees, it was able to make the liquid crystal layer the homeotropic orientation.

[0048]To the direction of liquid crystal orientation, as the transmission axis accomplished 45 degrees in the side which does not approach the liquid crystal layer of the first substrate, it stuck the first polarizing plate 31 on it. To the direction of liquid crystal orientation, as the transmission axis accomplished 45 degrees in the side which does not approach the liquid crystal layer of the second substrate, it stuck the second polarizing plate 32 on it. It was made for the transmission axis of the first polarizing plate and the transmission axis of the second polarizing plate to intersect perpendicularly.

[0049]The first phase plate 33 was inserted between the first substrate and the first polarizing plate. The first phase plate has been arranged so that the lagging axis may make 90 degrees to the orientation direction of the first orienting film. The total value of the thickness of the second orienting film and the fourth orienting film is 800 nm, and the double reflex of the second orienting film and the fourth orienting film is about 0.15. in consideration of changing in the thickness direction, as the orientation direction of the second orienting film and the fourth orienting film shows drawing 1, in the double reflex of the average, supposing it is half [of 0.15 / about 0.075/], the sum total of the retardation of the second orienting film and the fourth orienting film will be set to 60 nm. Therefore, the retardation of the first phase plate could be 60 nm. The retardation of the comparatively small value considered it as the thing made from polyvinyl alcohol uniformly obtained over the whole phase plate at the first phase plate.

[0050]The impressed-electromotive-force dependency of the transmissivity of the liquid crystal display element created as mentioned above was measured in the state of gate opening. The back light 37 was put behind the liquid crystal display element, and the luminosity was made into 100% of transmissivity. The minimum of transmissivity was obtained with the impressed electromotive force 0V, and the minimal value was 0.2%. The maximum of transmissivity was obtained with the impressed electromotive force 5.5V, and the maximal value was 5.2%.

[0051]The driver element was connected to this liquid crystal display element, and the SVGA type liquid crystal display was created. Although the various patterns were displayed and those displaying conditions were observed visually, also when visual observation was performed on the conditions which are the easiest to find out display unevenness, display unevenness was not observed by making the whole surface of an indicator into a dark display.

[0052]As mentioned above, after controlling the orientation of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature by surface tension and orientation restraining force of the first orienting film, the vertical orientation films from which the pre tilt angle crossed all over almost, and became 86 degrees uniformly were obtained by having carried out photopolymerization of this and having considered it as the second orienting film. By using this for the orienting film of both sides, the liquid crystal display of the uniform homeotropic orientation of a display was obtained.

[0053]About 26:1 contrast ratio was obtained by having compensated the retardation of the second orienting film and the fourth orienting film with the first phase plate.

[0054]It was predicted conventionally that the liquid crystal display using a homeotropic orientation is excellent in a visual angle characteristic, a contrast ratio, and temperature characteristics. However, display properties fell by generating of the domain, and image quality degradation, such as an afterimage, was also generated. It is uniform and the original high display properties of a homeotropic orientation can be realized by obtaining the homeotropic orientation where operation was stabilized.

[0055]The picture element electrode was divided into two infinitesimal areas where the directions of liquid crystal orientation differ mutually in the liquid crystal display of "Example 5" example 4. Drawing 10 (a) is the figure which looked at the picture element electrode from the substrate plane normal line direction. As shown in drawing 10 (a), let two infinitesimal areas be the first infinitesimal area 51 and the second infinitesimal area 52. The direction 55 of orientation treatment of the first orienting film in the first infinitesimal area is an opposite direction as mutually as

the direction 56 of orientation treatment of the first orienting film in the second infinitesimal area. Similarly, the direction 59 of orientation treatment of the third orienting film in the first infinitesimal area is an opposite direction as mutually as the direction 60 of orientation treatment of the third orienting film in the second infinitesimal area. [0056] In the first infinitesimal area, the direction 55 of orientation treatment of the first orienting film and the direction 59 of orientation treatment of the third orienting film are opposite directions mutually. The direction 56 of orientation treatment of the first orienting film and the direction 60 of orientation treatment of the third orienting film are opposite directions mutually also in the second infinitesimal area. Therefore, also in any of the first infinitesimal area and the second infinitesimal area, a liquid crystal layer becomes a homeotropic orientation, and the direction of a standup of the liquid crystal layer at the time of voltage impressing is an opposite direction mutually in the first infinitesimal area and second infinitesimal area, as shown in drawing 10 (b). Drawing 10 (b) is a sectional view of the picture element part of the liquid crystal display of Example 5, and since it is easy, it is describing only a liquid crystal layer, the first substrate, and the second substrate.

[0057] When the visual angle direction was changed variously and display properties were observed, there was little change of the display properties accompanying change of a visual angle direction as compared with Example 4. The range of the visual angle direction where the display of a high contrast ratio is obtained had spread as compared with Example 4.

[0058] If permittivity anisotropy impresses voltage to the liquid crystal layer of the homeotropic orientation which consists of a negative liquid crystal material, the average orientation direction of a liquid crystal layer will incline to a substrate plane. With the anisotropy of such liquid crystal orientation, the display properties of a liquid crystal layer change with visual angle directions. In the field which contains the average orientation direction and substrate normal of a liquid crystal layer especially, especially change of display properties when a visual angle direction is changed is large.

[0059] In this example, change of the display properties in the field containing the average orientation direction and substrate normal of a liquid crystal layer was able to be offset by having divided stroke matter into the first infinitesimal area and second infinitesimal area. The range of the visual angle direction where the display of a high contrast ratio is obtained by this was able to be extended.

[0060] The picture element electrode was divided into four infinitesimal areas where the directions of liquid crystal orientation differ mutually in the liquid crystal display of "Example 6" example 4. Drawing 11 (a) is the figure which looked at the picture element electrode from the substrate plane normal line direction. As shown in drawing 11 (a), let four infinitesimal areas be the first infinitesimal area 51, the second infinitesimal area 52, the third infinitesimal area 53, and the fourth infinitesimal area 54.

[0061] The direction 56 of orientation treatment of the first orienting film in the second infinitesimal area makes 90 degrees to it 55 and the clockwise rotation in the first infinitesimal area. Similarly, the direction 57 of orientation treatment of the first orienting film in the third infinitesimal area makes 90 degrees to it 56 and the clockwise rotation in the second infinitesimal area. The direction 58 of orientation treatment of the first orienting film in the fourth infinitesimal area makes 90 degrees to it 57 and the clockwise rotation in the third infinitesimal area. The direction 55 of orientation treatment of the first orienting film in the first infinitesimal area makes 90 degrees to it 58 and the clockwise rotation in the fourth infinitesimal area.

[0062] The distribution as the direction of orientation treatment of the first orienting film also with the same directions 59-62 of orientation treatment of the second orienting film is shown.

[0063] In the first infinitesimal area, the direction 55 of orientation treatment of the first orienting film and the direction 59 of orientation treatment of the third orienting film are opposite directions mutually. It is the same also in the second, third, and fourth infinitesimal area. Therefore, also in which infinitesimal area, a liquid crystal layer becomes a homeotropic orientation, and the directions of a standup of the liquid crystal layer at the time of voltage impressing differ by a unit of 90 degrees mutually in each infinitesimal area, as shown in drawing 11 (b). Drawing 11 (b) is a sectional view of the picture element part of the liquid crystal display of Example 4, and since it is easy, it is describing only a liquid crystal layer, the first substrate, and the second substrate.

[0064] When the visual angle direction was changed variously and display properties were observed, even if it compared change of the display properties accompanying change of a visual angle direction with Example 5, there was. [still less] The range of the visual angle direction where the display of a high contrast ratio is obtained had spread rather than Example 5.

[0065] As Example 5 described, the display properties of a liquid crystal layer change with visual angle directions for the anisotropy of liquid crystal orientation. In Example 5, the visual angle change of the display properties in the field containing the average orientation direction and substrate normal of a liquid crystal layer was offset, and the viewing angle range was expanded. In this example, the visual angle change of an average orientation direction, the display properties in the field containing a substrate normal, and the display properties in the vertical plane was offset further. The range of the visual angle direction where the display of a high contrast ratio is obtained by this was able to be extended further.

[0066] The sectional view of the liquid crystal display of this example is shown in "Example 7" drawing 12. The first substrate 11 is a product made from silica glass, and thickness is 1.0 mm. The first substrate equips with the fourth orienting film 24, third orienting film 23, and common electrode 17 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to the liquid crystal layer 10. The fourth orienting film and third orienting film are the same as the second orienting film and first orienting film of Example 2 respectively, and were formed by the same method as Example 2. A common electrode is a product made from ITO, and the thickness is 200 nm.

[0067]The second substrate 12 is a product made from single crystal silicon, and equips with the second orienting film 12, first orienting film 11, reflector 18, wiring section 38, and active element 14 the order which approaches a liquid crystal layer at the side close to a liquid crystal layer. The second orienting film and first orienting film are the same as the second orienting film and first orienting film of Example 2 respectively, and were formed by the same method as Example 2. A reflector is a product made from aluminum and the thickness is 200 nm. An active element is a KOPURENA type MOS (Metal Oxide Semiconductor) element.

[0068]As the direction of orientation treatment of the third orienting film and the direction of orientation treatment of the first orienting film grew into anti-parallel, they assembled the first substrate and second substrate.

[0069]To the indicator, silica beads 3 micrometers in diameter were distributed by the density of 150 per 1-mm². Permittivity anisotropy enclosed liquid crystal material ZLI-3200 by Merck Co. which is negative, and considered it as the liquid crystal layer 10. Since each pre tilt angle of the second orienting film and the fourth orienting film was 86 degrees, it was able to make the liquid crystal layer the homeotropic orientation.

[0070]This liquid crystal display element was connected to the driver element, and also it included in the projection optical system shown in drawing 13, and was considered as the liquid crystal projector. A projection optical system carries out the spectrum of the light of the light source 40 with the dichroic mirror 45 of R, and the dichroic mirror 46 of B through the infrared ray cut filter 41 and the ultraviolet ray cut filter 42, and sends it to the liquid crystal display element 50. The light which carried out the spectrum after that is summarized on one optic axis, and it projects on the screen 44 using the projector lens 43.

[0071]The liquid crystal projector created as mentioned above was projected on the screen, and was measured in the state of gate opening of the surface brightness of a screen. The minimum of surface brightness was obtained with the impressed electromotive force 0V, and the minimal value was about 1.3 cd/m². The maximum of surface brightness was obtained with the impressed electromotive force 4.8V, and the maximal value was about 440 cd/m².

[0072]Since a liquid crystal layer was a homeotropic orientation, there was also comparatively little change of the display properties by a temperature change.

[0073]As mentioned above, after controlling the orientation of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature by surface tension and orientation restraining force of the first orienting film, the vertical orientation films from which the pre tilt angle crossed all over almost, and became 86 degrees uniformly were obtained by having carried out photopolymerization of this and having considered it as the second orienting film. By using this for the orienting film of both sides, the liquid crystal projector of the uniform homeotropic orientation of a display was obtained.

[0074]In the liquid crystal display of "Example 8" example 3, when creating the second orienting film, liquid crystal material ZLI4792 by Merck Co. used for the liquid crystal layer was mixed 50% to low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature, and photopolymerization was performed. The composition of the second orienting film at this time is shown in drawing 15. As the liquid crystal element which carried out photopolymerization is met, the liquid crystal element of ZLI4792 is carrying out orientation. The liquid crystal cell was created using this and the liquid crystal layer was formed. Since the liquid crystal element of ZLI4792 in a liquid crystal layer and it in the second orienting film are mixed by thermal diffusion, the orientation regulation by the second orienting film permeates easily by a liquid crystal layer, and it seems that the oriented state of a liquid crystal layer is more stable.

[0075]When the impressed-electromotive-force dependency of the reflectance of the liquid crystal display element created as mentioned above was measured, the almost same display properties as Example 3 were acquired. In this, although the displaying condition was visually observed as a SVGA type liquid crystal display, display unevenness in particular was not observed.

[0076]As mentioned above, the liquid crystal display of the uniform hybrid orientation of a display was obtained by mixing liquid crystal material ZLI4792 of a liquid crystal layer at the time of the second orienting film creation.

[0077]In the "comparative example 1" example 1, the orienting film was used only as the first orienting film, and the polyimide system polymers which have an alkyl group in a side chain were used for the first orienting film. When the tilt angle of the average of a liquid crystal layer was measured by the crystal rotation method like Example 1, it was about 90 degrees.

[0078]The voltage dependency of the displaying condition was observed like Example 1. The countless domain was observed by the indicator when voltage was impressed.

[0079]As mentioned above, since the direction of a standup of the liquid crystal [tilt angle] at the time of voltage impressing in about 90 degrees did not become settled, the countless domain occurred at the time of voltage impressing.

[0080]In the "comparative example 2" comparative example 1, rubbing treatment was performed to the orienting film. Rubbing width was changed variously and rubbing treatment was performed.

[0081]Rubbing width is the width of the portion to which a rubbing roll touches a substrate. A rubbing roll is arranged so that the portion of the textiles at a tip may touch a substrate, but since textiles hit a substrate more strongly so that a rubbing roll approaches a substrate, orientation treatment of the orienting film is carried out more strongly.

[0082]When the tilt angle of the average of a liquid crystal layer was measured by the crystal rotation method like Example 1, also in which rubbing width, it was about 90 degrees. When the voltage dependency of the displaying condition was observed, the countless domain was observed by the indicator also in which rubbing width.

[0083]As mentioned above, even if it changes the conditions of orientation treatment, the tilt angle is constant at

about 90 degrees, and cannot control a tilt angle by the polyimide system polymers which have an alkyl group in a side chain.

[0084]The polyimide system polymers in which the molecular structure of a main chain differs were used for the first orienting film in the "comparative example 3" comparative example 1. The tilt angle was not able to be measured when the tilt angle of the average of a liquid crystal layer was measured by the crystal rotation method like Example 1. The countless domain was observed by the indicator when the voltage dependency of the displaying condition was observed in the state where voltage is not impressed. When the polarizing plate was used as crossed nicols in the state where voltage is not impressed and each domain was observed using the optical microscope, light was penetrating in each domain. It became clear from this that each domain is not a homeotropic orientation.

[0085]As mentioned above, in the polyimide system polymers which have an alkyl group, the orientation of the liquid crystal may not be able to be uniformly carried out to a side chain depending on the molecular structure of a main chain.

[0086]In the liquid crystal display of the "comparative example 4" example 4, the second orienting film and fourth orienting film were removed. The orienting film of the comparative example 1 was used for the first orienting film and third orienting film.

[0087]When display properties were measured, the minimum of transmissivity was obtained with the impressed electromotive force 0V. However, the minimal value was 1.1% and a high value. Then, the countless domain was observed when the indicator was observed with the optical microscope. It was observed that light has leaked from the disclination between domains, and this caused that the minimal value of transmissivity was high.

[0088]The afterimage was seen when the animation was displayed. This is considered to have produced, since growth and disappearance of disclination arose in process of impression of voltage, and removal.

[0089]As mentioned above, in the polyimide system polymers which have an alkyl group, orientation control of a liquid crystal layer is not fully made to a side chain, and high display properties are not acquired.

[0090]In the liquid crystal display of the "comparative example 5" example 7, the second orienting film and fourth orienting film were removed. The orienting film of the comparative example 1 was used for the first orienting film and third orienting film.

[0091]This liquid crystal display element was included in the optical system, and it was considered as the liquid crystal projector. Although the minimum of surface brightness was obtained with the impressed electromotive force 0V when measured in the state of gate opening of the surface brightness of the projected display, the minimal value was about 36 cd/m² and a high value.

[0092]The cause by which the minimal value of surface brightness turned into a high value was the light leakage from the disclination between domains like the comparative example 4.

[0093]As mentioned above, in the polyimide system polymers which have an alkyl group, orientation control of a liquid crystal layer is not fully made to a side chain, and high display properties are not acquired.

[0094]

[Effect of the Invention]According to this invention, controllable vertical orientation films are obtained in orientation change of the liquid crystal layer slightly and small accompanying [in a pre tilt angle] voltage impressing from 90 degrees. If this is used for the liquid crystal display using a homeotropic orientation, a display will become uniform, and operation will be stabilized and a high contrast ratio will be obtained.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is a mimetic diagram showing the orientation mechanism of the vertical orientation films of this invention.

[Drawing 2] It is a mimetic diagram showing the molecular structure of the conventional vertical orientation films.

[Drawing 3] It is a mimetic diagram showing the orientation mechanism of the conventional vertical orientation films.

[Drawing 4] It is a figure showing a general structure of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature.

[Drawing 5] It is a figure showing the example of the MEZOGEN group of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature.

[Drawing 6] It is a figure showing distribution of the orientation direction in the second orienting film.

[Drawing 7] It is a figure showing the sectional view of the liquid crystal display of Example 3.

[Drawing 8] It is a figure showing the appearance of the liquid crystal display of Example 3.

[Drawing 9] It is a figure showing the sectional view of the liquid crystal display of Example 4.

[Drawing 10] The distribution and the direction of liquid crystal orientation of two infinitesimal areas of [in the stroke matter of the liquid crystal display of Example 5] are shown.

[Drawing 11] The distribution and the direction of liquid crystal orientation of four infinitesimal areas of [in the stroke matter of the liquid crystal display of Example 6] are shown.

[Drawing 12] It is a figure showing the sectional view of the liquid crystal display of Example 7.

[Drawing 13] It is a figure showing the composition of the liquid crystal projector of Example 7.

[Drawing 14] It is a figure showing the example of the annular group of low-molecular liquid crystal of photopolymerization nature.

[Drawing 15] It is a figure showing the composition of the second orienting film of the liquid crystal display of Example 8.

[Description of Notations]

1 [— A photoreaction group, 5 / — A bond part, 6 / — MEZOGEN group,] — A main chain, 2 — A side chain, 3 — A liquid crystal element, 4 7 [— The first substrate,] — An end group, 8 — Low-molecular liquid crystal of photoreaction nature, 10 — A liquid crystal layer, 11 12 — The second substrate, 13 — A light filter, 14 — Active element, 15 [— Insulating layer,] — A through hole, 16 — A reflector, 17 — A common electrode, 18 19 [— The third orienting film,] — A picture element electrode, 21 — The first orienting film, 22 — The second orienting film, 23 24 — The fourth orienting film, 25 — The second orienting film before the photoreaction, 26 — The orientation direction of the second orienting film, 31 [— Back light,] — The first polarizing plate, 32 — The second polarizing plate, 33 — The first phase plate, 37 38 [— Ultraviolet ray cut filter,] — A wiring layer, 40 — A light source, 41 — An infrared ray cut filter, 42 43 — A projector lens, 44 — A screen, 45 — The dichroic mirror of R, 46 — The dichroic mirror of B, 47 — The polarization beam splitter of R, 48 — The polarization beam splitter of B, 49 — The polarization beam splitter of G, 50 — a liquid crystal display element and 51 — the — The very small field of one, and 52 — the — The very small field of two, and 53 — the — The very small field of three, and 54 — the — The very small field of four, and 55 — the — The orientation direction of the first orienting film in the very small field of one, and 56 — the — the orientation direction of the first orienting film in the very small field of two. 57 — the — The orientation direction of the first orienting film in the very small field of three, and 58 — the — the orientation direction of the first orienting film in the very small field of four. 59 — the — The orientation direction of the third orienting film in the very small field of one, and 60 — the — The orientation direction of the third orienting film in the very small field of two, and 61 — the — The orientation direction of the third orienting film in the very small field of three, and 62 — the — the orientation direction of the third orienting film in the very small field of four.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-122066

(P2000-122066A)

(43) 公開日 平成12年4月28日 (2000. 4. 28)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード (参考)
G 0 2 F	1/1337	5 0 5	2 H 0 9 0
	1/133	5 5 0	2 H 0 9 1
	1/1335	5 1 0	2 H 0 9 2
		5 2 0	2 H 0 9 3
	1/1343	1/1343	
審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)			

(21) 出願番号 特願平10-299335

(22) 出願日 平成10年10月21日 (1998. 10. 21)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 伊東 理

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株

式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

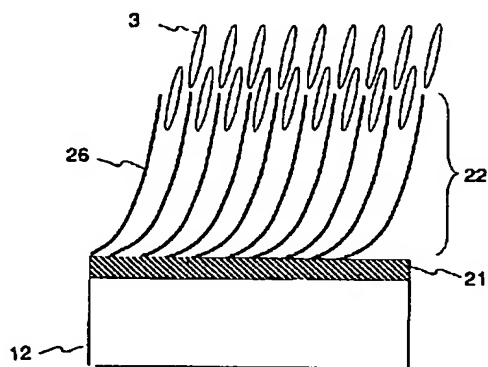
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 均一で動作の安定な垂直配向を与える垂直配向膜を提供する。

【解決手段】 水平配向を与える第一の配向膜上に、光重合性の低分子液晶層を光重合した第二の配向膜を形成する。

図 1



3 … 液晶分子 12 … 第二の基板 21 … 第一の配向膜
22 … 第二の配向膜 23 … 第二の配向膜の配向方向

【特許請求の範囲】

【請求項1】第一の基板と、第二の基板と、液晶層からなり、液晶層は第一の基板と第二の基板によって保持され、第一の基板と第二の基板のいずれか一方は液晶層側の面に各画素に対応した画素電極とこれに接続されたアクティブ素子を備え、第一の基板と第二の基板のいずれか一方は液晶層側の面に共通電極を備え、第一の基板と第二の基板は液晶層に近接する面に配向膜を備えている液晶表示装置であって、

第一の基板と第二の基板の配向膜の少なくとも一方は第一の配向膜と第二の配向膜からなり、第二の配向膜は第一の配向膜よりも液晶層に近接し、第一の配向膜は近接する液晶分子を第一の基板または第二の基板の基板平面に対してほぼ水平に配向する性質を有し、第二の配向膜はその配向方向が厚さ方向に対して連続的に変化しており、第二の配向膜の配向方向は第一の配向膜に近接する面においては基板平面に対してほぼ水平であり、液晶層に近接する面においては基板平面に対してほぼ垂直であることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項2】請求項1の液晶表示装置において、第二の配向膜は光反応性の低分子液晶の層を第一の配向膜上に形成し、これを液晶状態とした後に重合して成膜化することにより作成されることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項3】請求項1の液晶表示装置において、第一の基板と第二の基板の配向膜の両方が第一の配向膜と第二の配向膜からなり、第一の配向膜は近接する液晶分子を第一の基板または第二の基板の基板平面に対してほぼ水平に配向する性質を有し、第二の配向膜はその配向方向が厚さ方向に対して連続的に変化しており、第二の配向膜の配向方向は第一の配向膜に近接する面においては基板平面に対してほぼ水平であり、液晶層に近接する面においては基板平面に対してほぼ垂直であり、液晶層の誘電率異方性は負であり、第一の基板は液晶層と反対側の面に第一の偏光板を備え、第二の基板は液晶層と反対側の面に第二の偏光板を備え、第一の偏光板と第二の偏光板は透過軸が互いに直交し、かつ電圧印加時における液晶配向方向に対して45度を成すように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項4】請求項1の液晶表示装置において、第一の基板と第二の基板の配向膜の両方が第一の配向膜と第二の配向膜からなり、第一の配向膜は近接する液晶分子を第一の基板または第二の基板の基板平面に対してほぼ水平に配向する性質を有し、第二の配向膜はその配向方向が厚さ方向に対して連続的に変化しており、第二の配向膜の配向方向は第一の配向膜に近接する面においては基板平面に対してほぼ水平であり、液晶層に近接する面においては基板平面に対してほぼ垂直であり、液晶層の誘電率異方性は負であり、第一の基板と第二の基板のいずれか一方は液晶層側の面に反射板を備え、第一の基板と第二の基板のうち反射板を備えないものは液晶層と反対側

の面に偏光板を備え、偏光板はその透過軸が電圧印加時における液晶配向方向に対して45度を成すように配置されていることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項5】請求項4の液晶表示装置において、反射板は画素電極または共通電極の何れか一方を兼ねることを特徴とする液晶表示装置。

【請求項6】請求項3及び4の液晶表示装置において、第一の基板と偏光板の間と第二の基板と偏光板の間の何れか一方に位相板を有し、位相板はその遅相軸が電圧印加時における液晶配向方向に対して90度を成すように配置されており、かつそのリタデーションは第一の基板上の配向膜のリタデーションと第二の基板上の配向膜のリタデーションと暗表示時の液晶層のリタデーションの和に等しくなるように設定されていることを特徴とする液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】多機能な電子機器の操作を円滑にするために、インターフェイスの重要性が増している。薄型、軽量、低消費電力を特徴とする液晶表示装置は、電子機器の形態を大きく変更することなしに搭載可能であるため、これらのインターフェイスに最適である。また、これをパーソナルコンピュータ等のモニターに用いれば、使用者の姿勢に合わせて向きや高さが調節可能で長時間使用しても疲れにくいモニターが得られる。本発明の属する利用分野は液晶表示装置である。

【0002】

【従来の技術】液晶表示装置では、液晶の配向方向を制御するために配向膜が用いられている。配向膜には膜面に対して液晶を平行に近い角度で配向させる水平配向膜と、垂直に配向させる垂直配向膜がある。

【0003】近年、液晶層の片面に垂直配向膜を用いるOCBモードや、液晶層の両面に垂直配向膜を用いるスーパーVA方式が発表され、広視野角でかつ高速応答であることから注目を集めている。OCBモードに関する文献には、例えばSID96 DIGEST p618-621(1996)がある。スーパーVA方式に関する文献には、例えばSID 97 DIGEST p845-848(1997)がある。

【0004】これと同時に、垂直配向膜も注目を集めるようになった。垂直配向膜が液晶を膜面に対して垂直に配向させる機構は未だ明確にはなっていない。しかし、およそ以下の様なことが推測されている。図2に示したように、垂直配向膜は通常長い側鎖2を有する有機高分子からなる。これを成膜して配向膜とすると、図3に示したように側鎖2が基板平面に対してほぼ垂直に林立する。これに沿って液晶分子3が配向するために垂直配向になる。

【0005】垂直配向膜には、側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子が主に用いられている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】垂直配向膜を用いた液晶表示素子では電圧印加と共に液晶層が傾き、そのチルト角が減少する。垂直配向膜という言葉が意味する通りにそのプレチルト角が90度であるならば、液晶層は何れの方位にも同じ容易さで傾くことができるため、液晶層が傾く方位をある一定の方位に定めることはできない。この場合、電圧印加時に配向方向の互いに異なる微小なドメインが多数発生するため、コントラスト比が低下し、あるいはまたヒステリシスが発生するなどして表示特性が著しく損なわれる。

【0007】配向状態変化を制御するためには、垂直配向膜のプレチルト角は90度ではなく、例えば約80度として液晶層が傾く方位を定めなければならない。しかも、表示部内の所定の領域においてプレチルト角のばらつきを小さくしなければならない。

【0008】ここで、プレチルト角とは配向膜に近接する液晶層の平均配向方向が基板平面となす角であり、チルト角とは配向膜から離れた部分の液晶層の平均配向方向が基板平面となす角である。

【0009】従来の垂直配向膜では、プレチルト角を十分に制御することができなかった。例えば、垂直配向膜の配向性は主鎖の剛直性の影響を受ける。垂直配向膜が剛直な直線状の主鎖を有する場合には、そのプレチルト角はほぼ90度になる。これにラビング法等を用いて配向処理を施してもプレチルト角はほぼ90度であり、ほとんど変化しない。垂直配向膜が柔軟でランダムコイル状の主鎖を有する場合には、液晶を所定の領域において均一に配向することができず、液晶の配向方向やプレチルト角が互いに異なる微小な領域が多数形成される。個々の微小領域の液晶配向方向は液晶封入時の流動方向等の影響を受ける。

【0010】このように、従来の垂直配向膜ではプレチルト角を制御できなかった。本発明が解決しようとする課題は、プレチルト角が制御可能でドメインが発生せずに高いコントラスト比が得られる垂直配向膜の開発である。

【0011】

【課題を解決するための手段】図1に示す様に、本発明の垂直配向膜は2層からなる。基板に近接する側から第一の配向膜21、第二の配向膜22とする。

【0012】第一の配向膜は第二の配向膜の配向する方位を定めることにより液晶層の配向方向の方位を定める機能を有する。第一の配向膜は水平配向膜であり、そのプレチルト角は例えば2度以上、20度以下の範囲にある。第一の配向膜が、例えばポリビニルアルコール系の有機高分子やポリイミド系の有機高分子であれば、既に量産技術が確立されたラビング法により配向処理することができる。あるいはまた第一の配向膜をポリビニル珪皮酸のような光配向性の有機高分子とすれば、光照射に

より配向処理することができる。この場合、ラビング法のように静電気による薄膜トランジスタの特性変化が生じることはない。

【0013】第二の配向膜はプレチルト角を定める機能を有する。第二の配向膜は垂直配向膜であり、第一の配向膜を形成した後に光重合性の低分子液晶を塗布し、これを液晶状態とした後に光重合して形成する。あるいはまた、第一の配向膜を形成した後に光重合性の低分子液晶を含む溶液を塗布し、溶媒を除いた後に光重合性の低分子液晶を液晶状態とし、その後に光重合して形成する。以上の作成方法では比較的低粘度な液体状態で第二の配向膜を塗布するため、膜厚の制御とその均一化が容易である。

【0014】第二の配向膜に用いる光重合性の低分子液晶の分子構造の一例を図4に模式的に示す。末端に光重合基4を、もう一方の末端に末端基7を有し、末端基に結合するメゾゲン基6と、メゾゲン基と光重合基を結合する結合部5から構成される。光重合基が末端にあるため立体障害が少なく、高い割合で光反応が生じる。また、分子が非対称であるためスメクチック相が生じにくい。広い温度範囲でネマチック相になるため粘弾性の温度依存性が比較的少なく、配向制御が容易である。

【0015】光重合基を例えばアクリル基とすると、350nmよりも長波長の紫外線で光重合が可能になり、照射光による光分解が生じにくくなる。アクリル基と共役可能な部位にフェニル基などの π 電子を有する基を配置すれば、更に長波長の紫外線で光重合が可能になる。また、吸光係数が増大するため、光照射時間を短縮して量産時のスループットを向上することができる。

【0016】液晶層の配向方向が配向膜によって規制されるメカニズムは明らかではないが、分子レベルで見れば配向膜分子と液晶分子がある種の会合状態を形成することがその一因と考えられる。そして、配向膜分子にその分子構造が液晶分子に似ているものを用いれば会合状態を形成しやすく、液晶の配向性が安定すると考えられる。

【0017】液晶分子の末端基には、例えばアルキル基や水素原子のような非極性基が導入されている。また、低電圧駆動用の液晶にはシアノ基が導入されている。シアノ基のほかにも、水酸基やニトロ基やハロゲン原子などの極性基や、一部または全部の水素がハロゲン原子で置換されたアルキル基が導入されている。特に、アクティブ駆動用の高抵抗液晶では、フッ素原子またはフッ素原子を含むアルキル基が導入されている。第二の配向膜に用いる光重合性低分子液晶の末端基をこれらの液晶分子の末端基と同様にすれば、各液晶の特質を生かした上で安定な垂直配向が得られる。

【0018】液晶分子のメゾゲン基は環状基を単数または複数含んでいる。図14に示す様に、環状基はフェニル基(a)やシクロヘキシル基(b)やナフチル基

(c)、(d)、シクロヘキシル基に2重構造を1つまたは2つ導入した構造(e)~(h)、あるいはまたシクロヘキシル基の炭素原子を酸素原子で置換した構造(i)、シクロヘキシル基の炭素原子を窒素原子で置換した構造(j)、フェニル基の炭素原子を窒素原子で置換した構造(k)~(o)であってもよい。これらの単数または複数の水素原子をハロゲン原子で置換したものであってもよい。環状基の数が増えるほどネマチック相となる温度範囲が上昇し、複屈折が増大し、粘度が増大する傾向にある。

【0019】複数の環状基は直接結合されていてもよく、エステル基、ジアゾ基、エチレン基を介して結合されていてもよい。このようなメゾゲン基の例を図5に示す。(a)はフェニル基が直接2つ結合した構造(ビフェニル基)であり、(b)はシクロヘキシル基が直接2つ結合した構造(ビスシクロヘキシル基)であり、(c)はシクロヘキシル基とフェニル基が直接2つ結合した構造(フェニルシクロヘキシル基)であり、(d)はフェニル基が直接3つ結合した構造(トリフェニル基)であり、(e)はシクロヘキシル基が直接3つ結合した構造(トリシクロヘキシル基)であり、(f)は2つのフェニル基がエステル基を介して結合した構造であり、(g)は2つのフェニル基がエチレン基を介して結合した構造であり、(h)は2つのフェニル基が酸素を介して結合した構造であり、(i)は2つのフェニル基がジアゾ基を介して結合した構造であり、(j)は(j)の2つの水素原子をフッ素原子で置換した構造であり、(k)は2つのフェニル基がアゾ基を介して結合した構造である。第二の配向膜に用いる光重合性低分子液晶のメゾゲン基をこれらの液晶分子のメゾゲン基と同様にすれば、各液晶の特質を生かした上で安定な垂直配向が得られる。

【0020】結合部はアルキル基であってもよい。その炭素鎖数は例えば1以上であればメゾゲン基の立体障害を受けずに光重合が効率良く行われる。また、炭素鎖数が10以下であれば、柔軟なアルキル基による液晶の配向秩序度の低下が生じない。

【0021】第一の配向膜上に塗布した光重合性の低分子液晶8の方位は第一の配向膜の配向方向によって決定される。またそのチルト角は、図6(a)に示したように第一の配向膜からの距離によって変化する。第一の配向膜に接する面では第一の配向膜の配向規制力が支配的であり、プレチルト角は第一の配向膜のプレチルト角に等しい。第一の配向膜から離れるにつれて第一の配向膜の配向規制力は弱まるため、チルト角は表面張力の影響を受けて増大する。光重合性の低分子液晶の層厚を十分に厚くすれば、第一の配向膜に対して反対側の界面では表面張力の影響が支配的になる。そのため、光重合性の低分子液晶の厚さを調節すれば、第一の配向膜に対して反対側の界面におけるチルト角を第一の配向膜のプレチルト角から90度までの範囲内で設定できる。

【0022】これを光重合することにより、光重合性の低分子液晶は互いに結合され、第二の配向膜22となる。この時、低分子液晶の光結合基以外の部分(末端基とメゾゲン基と結合部)は、図6(b)に示した様に液晶状態における配向方向をほとんど保ったまま成膜化される。第二の配向膜に近接する液晶分子3は近接する界面における末端基やメゾゲン基に沿って配向するため、液晶層のチルト角は第一の配向膜のプレチルト角から90度までの範囲内になる。このようにして、本発明では液晶層のプレチルト角を4度から90度の範囲内で制御することが可能になる。

【0023】例えば、電圧無印加時におけるホメオトロピック配向を暗表示とする液晶表示装置では、上記の範囲内からプレチルト角を以下のような範囲に選択する。液晶層のチルト角90度とすれば液晶層のリタデーションは0nmとなり、その上下に2枚の偏光板を直交ニコルの条件で配置すれば透過率0%の理想的な暗表示が得られる。チルト角90度では前述のように正常な動作は得られないが、88度以下であれば液晶層が傾く方位を特定できるため正常な動作が得られる。かつ液晶層のチルト角が85度以上であれば液晶層のリタデーションは実質的に0nmであるため理想に近い暗表示が得られる。このように、電圧無印加時におけるホメオトロピック配向を暗表示とする液晶表示装置では、液晶層のチルト角は85度以上88度以下の範囲内にすればよい。

【0024】前述のように、第二の配向膜のチルト角は第一の配向膜に近接する面において水平配向膜と同程度、例えば4度程度であり、第一の配向膜から離れるに連れて徐々に増大する。そのため、第二の配向膜のリタデーションが無視できない程度に大きな値になる場合がある。これが表示特性に及ぼす影響を排除するためには、第一の基板と第二の基板における第二の配向膜の配向方向を互いに直交するように配置すればよい。

【0025】あるいはまた、位相板を基板と偏光板の間に配置し、その遅相軸を第二の配向膜の配向方向に対して90度をなすように配置し、かつそのリタデーションを第二の配向膜のリタデーションと等しく設定すればよい。位相板のリタデーションは、第二の配向膜のリタデーションと暗表示における液晶層のリタデーションの和に等しくなるように設定し、第二の配向膜のリタデーションと暗表示における液晶層のリタデーションを共に補償してもよい。

【0026】

【発明の実施の形態】本発明の内容を、実施例を用いてより具体的に説明する。

【0027】「実施例1」日産化学株式会社製の配向膜材料サンエバーをN-メチル-2-ピロリドン溶液として、その濃度を4%とした。この溶液をハウケイ酸ガラスからなる基板にスピンコート法を用いて塗布し、その後250度まで加熱して30分間焼成して成膜化した。

これにラビング法で配向処理を施して配向方向を定めかつプレチルト角を4度にし、第一の配向膜とした。第一の配向膜の膜厚は約100nmとした。

【0028】光重合性の低分子液晶と光反応開始剤を含む溶液を第一の配向膜上にスピンコート法で塗布し、加熱して溶媒を除去した。これを加熱して光重合性の低分子液晶を液晶状態とした後に紫外光を照射した。光源には低圧水銀ランプを用い、波長370nm付近に透過スペクトルの極大を有するブルーフィルタを通して遠紫外光を除去した。照射光の強度を1W/cm²として約5分間照射した。これにより低分子液晶を光重合し、成膜化して第二の配向膜とした。第二の配向膜の膜厚は約300nmとした。

【0029】光反応開始剤にはCiba-Gaiey社製のIrgacur-651を用い、光重合性の低分子液晶に対して5%の割合で混合した。

【0030】光重合性の低分子液晶には光重合基がアクリル基であり、結合部が炭素鎖長が4のアルキル基であり、メゾゲン基はフェニルシクロヘキシル基であり、末端基はシアノ基であるものを用いた。

【0031】以上のようにして作成した2枚の配向膜付き基板を、第一の配向膜の配向処理方向が反平行になるように組み合わせて、約30mm四方の電極の交差部を有する液晶セルとした。これに誘電率異方性が負であるメルク社の液晶材料ZLI-3200を封入した。液晶層の平均のチルト角をクリスタルローテーション法で測定したところ、80度であった。

【0032】第一の配向膜のプレチルト角は4度であるため、第一の配向膜に接する面において第二の配向膜の配向方向のプレチルト角は4度と思われる。第一の配向膜との界面から離れるにつれて第一の配向膜の規制力が弱まり、表面張力が支配的となり、プレチルト角が増大する。第一の配向膜から300nm離れた第二の配向膜の液晶層に接する界面では、プレチルト角は80度に達していると思われる。液晶セルの上下に偏光板を直交ニコルの条件で貼り付けた。偏光板の透過軸は液晶配向方向と45度をなすように配置した。この液晶セルの電極交差部の表示状態を目視で観察したところ、全体に渡って均一であり表示むらは観察されなかった。また、これに電圧を印加して電圧値の変化に伴う表示状態の変化を目視で観察した。表示の変化は電極交差部全体に渡って均一であり、表示むら等は観察されなかった。これにより、プレチルト角は表示部全面に渡って十分に均一であることが証明された。

【0033】以上の様に、光重合性の低分子液晶を層厚が300nmとなる様に成膜し、かつその配向を表面張力と第一の配向膜の配向規制力で制御したことにより、プレチルト角がほぼ全面に渡って均一に80度である垂直配向膜が得られた。

【0034】「実施例2」実施例1において、第二の配

向膜の膜厚を約400nmとした。実施例1と同様にクリスタルローテーション法で液晶層の平均のチルト角を測定したところ、86度であった。

【0035】また、実施例1と同様にして表示状態の電圧依存性を観察したが表示むら等は観察されず、この場合にもプレチルト角が表示部全面に渡って十分に均一であることを確認した。

【0036】以上の様に、光重合性の低分子液晶を層厚が約400nmとなる様に成膜し、かつその配向を表面張力と第一の配向膜の配向規制力で制御したことにより、プレチルト角がほぼ全面に渡って均一に86度である垂直配向膜が得られた。

【0037】「実施例3」図7に本実施例の液晶表示装置の断面図を示す。第一の基板11はホウケイ酸ガラス製であり、厚さは0.7mmである。第一の基板は液晶層10に近接する側に、液晶層に近接する順に第三の配向膜23と共通電極17とカラーフィルタ13を備えている。第三の配向膜は実施例1の第一の配向膜と同様であり、実施例1と同様の方法で形成した。共通電極はITO (Indium Tin Oxide) 製であり、その膜厚は200nmである。

【0038】第二の基板12は第一の基板と同様にホウケイ酸ガラス製であり、厚さは0.7mmである。第二の基板は液晶層に近接する側に、液晶層に近接する順に第二の配向膜22と第一の配向膜21と反射電極16とアクティブ素子14を備えている。第二の配向膜は実施例1の第二の配向膜と同様であり、実施例1と同様の方法で形成した。第一の配向膜は実施例1の第一の配向膜と同様であり、実施例1と同様の方法で形成した。反射電極はアルミ製であり、その膜厚は200nmである。アクティブ素子は逆スタガ型のアモルファスシリコン薄膜トランジスタ (Thin Film Transistor, TFT) である。TFTのドレイン線と反射電極はスルーホール15でコンタクトされており、また、反射電極とアクティブ素子は窒化ケイ素からなる絶縁層18で絶縁されている。絶縁層の層厚は2μmである。第一の基板と第二の基板を、第三の配向膜の配向処理方向と第一の配向膜の配向処理方向が反平行に成るようにして組み立てた。

【0039】表示部には直径が6μmのポリマービーズを1mm²あたり150個の密度で分散した。メルク社製の液晶材料ZLI4792を封入し、液晶層10とした。第二の配向膜と第三の配向膜のプレチルト角はそれぞれ80度、4度であるため、液晶層をハイブリッド配向とすることができた。

【0040】第一の基板の液晶層に近接しない側には波長550nmにおけるリタデーションが270nmであるポリカーボネート位相板を遅相軸が液晶配向方向に対して直交する様に貼り付けた。更にその上に偏光板を透過軸が液晶配向方向に対して45度を成すようにして貼り付けた。

【0041】以上のようにして作成した液晶表示素子の反射率の印加電圧依存性をゲートオープン状態で測定した。同条件で測定した酸化マグネシウム板の反射率を反射率100%とした。反射率の極小は印加電圧1.8Vで得られ、極小値は1.2%であった。反射率の極大は印加電圧3.5Vで得られ、極大値は26.5%であった。

【0042】この液晶表示素子に信号側駆動回路38と走査側駆動回路39を接続して液晶表示装置とした。この状態を図8に示す。およそ $100\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ の大きさの画素部が縦に600個、横に 800×3 個並んだSVGA型の液晶表示装置を作成した。その種々のパターンを表示してそれらの表示状態を目視で観察したが、表示むらは特に観察されなかった。更に、表示部の全面を暗表示として、最も表示むらを見出しやすい条件にて目視観察を行った。この場合にも、表示むらは特に観察されなかった。

【0043】以上の様に、光重合性の低分子液晶の配向を表面張力と第一の配向膜の配向規制力で制御した後に、これを光重合させて第二の配向膜としたことにより、プレチルト角がほぼ全面に渡って均一に80度である垂直配向膜が得られた。これを片側の配向膜に利用することにより、表示の均一なハイブリッド配向の液晶表示装置が得られた。

【0044】「実施例4」図9に本実施例の液晶表示装置の断面図を示す。第一の基板はホウケイ酸ガラス製であり、厚さは0.7mmである。第一の基板11は液晶層10に近接する側に、液晶層に近接する順に第四の配向膜24と第三の配向膜23と共通電極17とカラーフィルタ13を備えている。第四の配向膜と第三の配向膜はそれぞれ実施例2の第二の配向膜と第一の配向膜に同様であり、実施例3と同様の方法で形成した。共通電極はITO製であり、その膜厚は200nmである。

【0045】第二の基板12は第一の基板と同様にホウケイ酸ガラス製であり、厚さは0.7mmである。第二の基板は液晶層に近接する側に、液晶層に近接する順に第二の配向膜22と第一の配向膜21と画素電極19とアクティブ素子14を備えている。第二の配向膜と第一の配向膜は、それぞれ実施例2の第二の配向膜と第一の配向膜に同様であり、実施例2と同様の方法で形成した。画素電極はITO製であり、その膜厚は200nmである。アクティブ素子は逆スタガ型のアモルファスシリコンTFTである。

【0046】第一の基板と第二の基板を、第三の配向膜の配向処理方向と第一の配向膜の配向処理方向が反平行に成るようにして組み立てた。

【0047】表示部には直径が $6\mu\text{m}$ のポリマービーズを 1mm^2 あたり150個の密度で分散した。誘電率異方性が負であるメルク社製の液晶材料ZLI-3200を封入し、液晶層とした。第二の配向膜と第四の配向膜の

プレチルト角はいずれも86度であるため、液晶層をホメオトロピック配向とすることができた。

【0048】第一の基板の液晶層に近接しない側には、第一の偏光板31を透過軸が液晶配向方向に対して45度を成すようにして貼り付けた。第二の基板の液晶層に近接しない側には、第二の偏光板32を透過軸が液晶配向方向に対して45度を成すようにして貼り付けた。第一の偏光板の透過軸と第二の偏光板の透過軸は直交する様にした。

【0049】第一の基板と第一の偏光板の間には、第一の位相板33を挿入した。第一の位相板はその遅相軸が第一の配向膜の配向方向に対して90度をなすように配置した。また、第二の配向膜と第四の配向膜の膜厚の合計値は800nmであり、第二の配向膜と第四の配向膜の複屈折は約0.15である。第二の配向膜と第四の配向膜の配向方向が図1に示す様に厚さ方向で変化していることを考慮し、その平均の複屈折を0.15の約半分の0.075であるとする、第二の配向膜と第四の配向膜のリタレーションの合計は60nmになる。そのため、第一の位相板のリタレーションは60nmとした。第一の位相板には、比較的小さい値のリタレーションが位相板全体に渡って均一に得られるポリビニルアルコール製のものとした。

【0050】以上のようにして作成した液晶表示素子の透過率の印加電圧依存性を、ゲートオープン状態で測定した。液晶表示素子の背後にバックライト37を置き、その輝度を透過率100%とした。透過率の極小は印加電圧0Vで得られ、極小値は0.2%であった。透過率の極大は印加電圧5.5Vで得られ、極大値は5.2%であった。

【0051】この液晶表示素子に駆動素子を接続してSVGA型の液晶表示装置を作成した。その種々のパターンを表示してそれらの表示状態を目視で観察したが、表示部の全面を暗表示として、最も表示むらを見出しやすい条件にて目視観察を行った場合にも表示むらは観察されなかった。

【0052】以上の様に、光重合性の低分子液晶の配向を表面張力と第一の配向膜の配向規制力で制御した後に、これを光重合させて第二の配向膜としたことにより、プレチルト角がほぼ全面に渡って均一に86度になった垂直配向膜が得られた。これを両側の配向膜に利用することにより、表示の均一なホメオトロピック配向の液晶表示装置が得られた。

【0053】また、第二の配向膜と第四の配向膜のリタレーションを第一の位相板で補償したことにより、約26:1のコントラスト比が得られた。

【0054】ホメオトロピック配向を利用した液晶表示装置は、視角特性、コントラスト比、温度特性に優れることが従来より予測されていた。しかし、ドメインの発生により表示特性が低下し、かつ残像等の画質低下も発

生した。均一で動作が安定したホメオトロピック配向が得られることにより、ホメオトロピック配向本来の高い表示特性を実現することができる。

【0055】「実施例5」実施例4の液晶表示装置において、画素電極を液晶配向方向が互いに異なる2つの微小領域に分割した。図10(a)は画素電極を基板平面法線方向から見た図である。図10(a)に示す様に、2つの微小領域を第一の微小領域51、第二の微小領域52とする。第一の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向55は、第二の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向56と互いに逆方向である。同様に、第一の微小領域における第三の配向膜の配向処理方向59は、第二の微小領域における第三の配向膜の配向処理方向60と互いに逆方向である。

【0056】第一の微小領域では、第一の配向膜の配向処理方向55と第三の配向膜の配向処理方向59は互いに逆方向である。また、第二の微小領域でも、第一の配向膜の配向処理方向56と第三の配向膜の配向処理方向60は互いに逆方向である。従って、第一の微小領域と第二の微小領域の何れにおいても液晶層はホメオトロピック配向になり、電圧印加時における液晶層の立ち上がり方向は図10(b)に示す様に第一の微小領域と第二の微小領域では互いに逆方向である。図10(b)は実施例5の液晶表示装置の画素部の断面図であり、簡単のため液晶層と第一の基板と第二の基板のみを記している。

【0057】視角方向を様々に変えて表示特性を観察したところ、視角方向の変化に伴う表示特性の変化は実施例4に比較して少なかった。高いコントラスト比の表示が得られる視角方向の範囲は、実施例4に比較して広がっていた。

【0058】誘電率異方性が負の液晶材料からなるホメオトロピック配向の液晶層に電圧を印加すると、液晶層の平均配向方向は基板平面に対して傾く。このような液晶配向の異方性により、液晶層の表示特性は視角方向により異なる。特に、液晶層の平均配向方向と基板法線を含む面においては、視角方向を変えた時の表示特性の変化が特に大きい。

【0059】本実施例では一画素を第一の微小領域と第二の微小領域に分割したことにより、液晶層の平均配向方向と基板法線を含む面における表示特性の変化を相殺することができた。これにより、高いコントラスト比の表示が得られる視角方向の範囲を広げることができた。

【0060】「実施例6」実施例4の液晶表示装置において、画素電極を液晶配向方向が互いに異なる4つの微小領域に分割した。図11(a)は画素電極を基板平面法線方向から見た図である。図11(a)に示す様に、4つの微小領域を第一の微小領域51、第二の微小領域52、第三の微小領域53、第四の微小領域54とする。

【0061】第二の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向56は、第一の微小領域におけるそれ55と時計回りに90度をなす。同様に、第三の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向57は、第二の微小領域におけるそれ56と時計回りに90度をなす。第四の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向58は、第三の微小領域におけるそれ57と時計回りに90度をなす。第一の微小領域における第一の配向膜の配向処理方向55は、第四の微小領域におけるそれ58と時計回りに90度をなす。

【0062】第二の配向膜の配向処理方向59~62も、第一の配向膜の配向処理方向と同様の分布を示す。

【0063】第一の微小領域では、第一の配向膜の配向処理方向55と第三の配向膜の配向処理方向59は互いに逆方向である。また、第二、第三、第四の微小領域でも同様である。従って、何れの微小領域においても液晶層はホメオトロピック配向になり、かつ電圧印加時における液晶層の立ち上がり方向は図11(b)に示す様に各微小領域では互いに90度ずつ異なる。図11(b)は実施例4の液晶表示装置の画素部の断面図であり、簡単のため液晶層と第一の基板と第二の基板のみを記している。

【0064】視角方向を様々に変えて表示特性を観察したところ、視角方向の変化に伴う表示特性の変化は実施例5に比較しても更に少なかった。高いコントラスト比の表示が得られる視角方向の範囲は、実施例5よりも広がっていた。

【0065】実施例5で述べた様に、液晶配向の異方性のために液晶層の表示特性は視角方向により異なる。実施例5では液晶層の平均配向方向と基板法線を含む面における表示特性の視角変化を相殺し、視角範囲を拡大した。本実施例では、更に平均配向方向と基板法線を含む面における表示特性と、その垂直面における表示特性の視角変化を相殺した。これにより、高いコントラスト比の表示が得られる視角方向の範囲をより一層広げることができた。

【0066】「実施例7」図12に本実施例の液晶表示装置の断面図を示す。第一の基板11は石英ガラス製であり、厚さは1.0mmである。第一の基板は液晶層10に近接する側に、液晶層に近接する順に第四の配向膜24と第三の配向膜23と共通電極17を備えている。第四の配向膜と第三の配向膜はそれぞれ実施例2の第二の配向膜と第一の配向膜に同様であり、実施例2と同様の方法で形成した。共通電極はITO製であり、その膜厚は200nmである。

【0067】第二の基板12は単結晶シリコン製であり、液晶層に近接する側に、液晶層に近接する順に第二の配向膜12と第一の配向膜11と反射電極18と配線部38とアクティブ素子14を備えている。第二の配向膜と第一の配向膜は、それぞれ実施例2の第二の配向膜

と第一の配向膜に同様であり、実施例2と同様の方法で形成した。反射電極はアルミ製であり、その膜厚は200nmである。アクティブ素子はコプレーナ型(MOS (Metal Oxide Semiconductor) 素子である。

【0068】第一の基板と第二の基板を、第三の配向膜の配向処理方向と第一の配向膜の配向処理方向が反平行に成るようにして組み立てた。

【0069】表示部には直径が3 μ mのシリカビーズを1mm²あたり150個の密度で分散した。誘電率異方性が負であるメルク社製の液晶材料ZLI-3200を封入し、液晶層10とした。第二の配向膜と第四の配向膜のプレチルト角はいずれも86度であるため、液晶層をホメオトロピック配向とすることができた。

【0070】この液晶表示素子を駆動素子に接続し、更に図13に示す投射光学系に組み込んで液晶プロジェクタとした。投射光学系は光源40の光を赤外線カットフィルタ41と紫外線カットフィルタ42を通してRのダイクロイックミラー45とBのダイクロイックミラー46で分光し、液晶表示素子50に送る。その後分光した光を一つの光軸上にまとめ、投射レンズ43を用いてスクリーン44に投射する。

【0071】以上のようにして作成した液晶プロジェクタをスクリーンに投射し、スクリーンの表面輝度をゲートオープン状態で測定した。表面輝度の極小は印加電圧0Vで得られ、極小値は約1.3cd/m²であった。表面輝度の極大は印加電圧4.8Vで得られ、極大値は約440cd/m²であった。

【0072】液晶層がホメオトロピック配向であるため、温度変化による表示特性の変化も比較的少なかった。

【0073】以上の様に、光重合性の低分子液晶の配向を表面張力と第一の配向膜の配向規制力で制御した後に、これを光重合させて第二の配向膜としたことにより、プレチルト角がほぼ全面に渡って均一に86度になった垂直配向膜が得られた。これを両側の配向膜に利用することにより、表示の均一なホメオトロピック配向の液晶プロジェクタが得られた。

【0074】「実施例8」実施例3の液晶表示装置において、第二の配向膜を作成する時に、液晶層に用いたメルク社製の液晶材料ZLI4792を光重合性の低分子液晶に50%混合して光重合を行った。この時の第二の配向膜の構成を図15に示す。光重合した液晶分子に沿うようにしてZLI4792の液晶分子が配向している。これを用いて液晶セルを作成し、液晶層を形成した。熱拡散により液晶層中のZLI4792の液晶分子と第二の配向膜中のそれとが混じり合うため、第二の配向膜による配向規制が液晶層により浸透しやすく、液晶層の配向状態がより安定化するものと思われる。

【0075】以上のようにして作成した液晶表示素子の反射率の印加電圧依存性を測定したところ、実施例3と

ほぼ同様の表示特性が得られた。また、これをSVGA型の液晶表示装置として表示状態を目視で観察したが、表示面には特に観察されなかった。

【0076】以上の様に、第二の配向膜作成時に液晶層の液晶材料ZLI4792を混合することにより表示の均一なハイブリッド配向の液晶表示装置が得られた。

【0077】「比較例1」実施例1において、配向膜を第一の配向膜のみとし、第一の配向膜には側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子を用いた。実施例1と同様にクリスタルローテーション法で液晶層の平均のチルト角を測定したところ、ほぼ90度であった。

【0078】また、実施例1と同様にして表示状態の電圧依存性を観察した。電圧を印加すると、表示部に無数のドメインが観察された。

【0079】以上の様に、チルト角がほぼ90度では電圧印加時における液晶の立ち上がり方向が定まらないため電圧印加時には無数のドメインが発生した。

【0080】「比較例2」比較例1において、配向膜にラビング処理を施した。また、ラビング幅を様々に変えてラビング処理を施した。

【0081】ラビング幅とはラビングロールが基板に接する部分の幅である。ラビングロールは先端の繊維の部分が基板に接するように配置するが、ラビングロールが基板に近づくほど繊維がより強く基板にあたるため、配向膜はより強く配向処理される。

【0082】実施例1と同様にクリスタルローテーション法で液晶層の平均のチルト角を測定したところ、何れのラビング幅においてもほぼ90度であった。表示状態の電圧依存性を観察したところ、何れのラビング幅においても表示部に無数のドメインが観察された。

【0083】以上の様に、側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子では配向処理の条件を変えてもチルト角はほぼ90度で一定であり、チルト角を制御できない。

【0084】「比較例3」比較例1とは主鎖の分子構造の異なるポリイミド系高分子を第一の配向膜に用いた。実施例1と同様にクリスタルローテーション法で液晶層の平均のチルト角を測定したところ、チルト角は測定できなかった。電圧を印加しない状態で表示状態の電圧依存性を観察したところ、表示部には無数のドメインが観察された。電圧を印加しない状態において偏光板を直交ニコルにして、光学顕微鏡を用いて各ドメインを観察したところ、各ドメインにおいて光が透過していた。これより、各ドメインはホメオトロピック配向ではないことが明らかになった。

【0085】以上の様に、側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子では、主鎖の分子構造によっては液晶を均一に配向できない場合がある。

【0086】「比較例4」実施例4の液晶表示装置において、第二の配向膜と第四の配向膜を除いた。また、第

一の配向膜と第三の配向膜には、比較例1の配向膜を用いた。

【0087】表示特性を測定したところ、透過率の極小は印加電圧0Vで得られた。しかし、極小値は1.1%と高い値であった。そこで表示部を光学顕微鏡で観察したところ、無数のドメインが観察された。また、ドメイン間のディスクリネーションから光が漏れているのが観察され、これが透過率の極小値が高いことの原因であった。

【0088】また、動画を表示したところ、残像が見られた。これは、電圧の印加と除去の過程でディスクリネーションの成長と消滅が生じるために生じたものと思われる。

【0089】以上の様に、側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子では、液晶層の配向制御が充分にできず、高い表示特性が得られない。

【0090】「比較例5」実施例7の液晶表示装置において、第二の配向膜と第四の配向膜を除いた。また、第一の配向膜と第三の配向膜には、比較例1の配向膜を用いた。

【0091】この液晶表示素子を光学系に組み込んで液晶プロジェクタとした。投射した表示の表面輝度をゲートオープン状態で測定したところ、表面輝度の極小は印加電圧0Vで得られたものの、極小値は約36cd/m²と高い値であった。

【0092】表面輝度の極小値が高い値になった原因は、比較例4と同様にドメイン間のディスクリネーションからの光漏れであった。

【0093】以上の様に、側鎖にアルキル基を有するポリイミド系高分子では、液晶層の配向制御が充分にできず、高い表示特性が得られない。

【0094】

【発明の効果】本発明によれば、プレチルト角が90度よりもわずかに小さく電圧印加に伴う液晶層の配向変化を制御可能な垂直配向膜が得られる。これをホメオトロピック配向を利用した液晶表示装置に用いると、表示が均一になりかつ動作が安定し、高いコントラスト比が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の垂直配向膜の配向機構を示す模式図である。

【図2】従来の垂直配向膜の分子構造を示す模式図である。

【図3】従来の垂直配向膜の配向機構を示す模式図である。

【図4】光重合性の低分子液晶の一般的な構造を示す図である。

【図5】光重合性の低分子液晶のメゾゲン基の例を示す図である。

【図6】第二の配向膜における配向方向の分布を示す図である。

【図7】実施例3の液晶表示装置の断面図を示す図である。

【図8】実施例3の液晶表示装置の外観を示す図である。

【図9】実施例4の液晶表示装置の断面図を示す図である。

【図10】実施例5の液晶表示装置の一面素子における2つの微小領域の分布と液晶配向方向を示す。

【図11】実施例6の液晶表示装置の一面素子における4つの微小領域の分布と液晶配向方向を示す。

【図12】実施例7の液晶表示装置の断面図を示す図である。

【図13】実施例7の液晶プロジェクタの構成を示す図である。

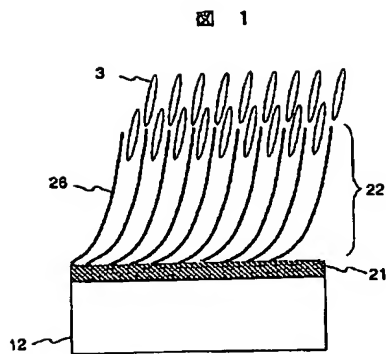
【図14】光重合性の低分子液晶の環状基の例を示す図である。

【図15】実施例8の液晶表示装置の第二の配向膜の構成を示す図である。

【符号の説明】

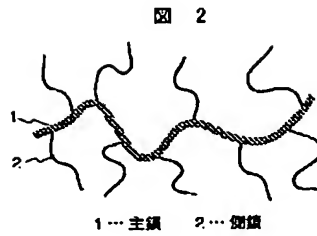
1…主鎖、2…側鎖、3…液晶分子、4…光反応基、5…結合部、6…メゾゲン基、7…末端基、8…光反応性の低分子液晶、10…液晶層、11…第一の基板、12…第二の基板、13…カラーフィルタ、14…アクティブ素子、15…スルーホール、16…反射電極、17…共通電極、18…絶縁層、19…画素電極、21…第一の配向膜、22…第二の配向膜、23…第三の配向膜、24…第四の配向膜、25…光反応前の第二の配向膜、26…第二の配向膜の配向方向、31…第一の偏光板、32…第二の偏光板、33…第一の位相板、37…バックライト、38…配線層、40…光源、41…赤外線カットフィルタ、42…紫外線カットフィルタ、43…投射レンズ、44…スクリーン、45…Rのダイクロイックミラー、46…Bのダイクロイックミラー、47…Rの偏光ビームスプリッタ、48…Bの偏光ビームスプリッタ、49…Gの偏光ビームスプリッタ、50…液晶表示素子、51…第一の微小領域、52…第二の微小領域、53…第三の微小領域、54…第四の微小領域、55…第一の微小領域における第一の配向膜の配向方向、56…第二の微小領域における第一の配向膜の配向方向、57…第三の微小領域における第一の配向膜の配向方向、58…第四の微小領域における第一の配向膜の配向方向、59…第一の微小領域における第三の配向膜の配向方向、60…第二の微小領域における第三の配向膜の配向方向、61…第三の微小領域における第三の配向膜の配向方向、62…第四の微小領域における第三の配向膜の配向方向。

【図1】



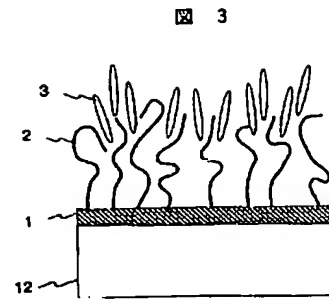
3...液晶分子 12...第二の基板 21...第一の配向膜
22...第二の配向膜 28...第二の配向膜の配向方向

【図2】



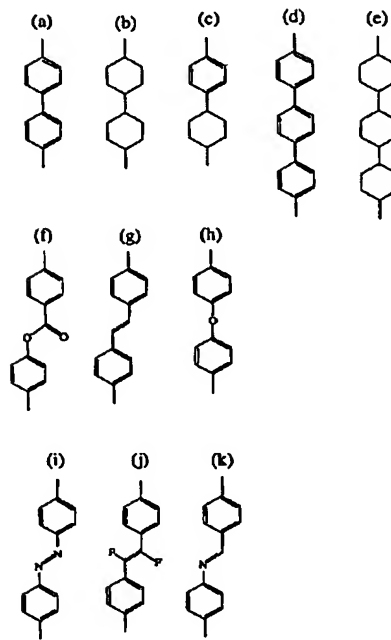
1...主鎖 2...側鎖

【図3】



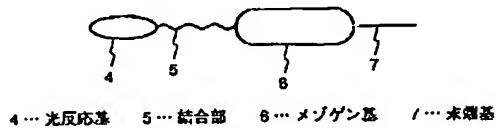
【図5】

図 5



【図4】

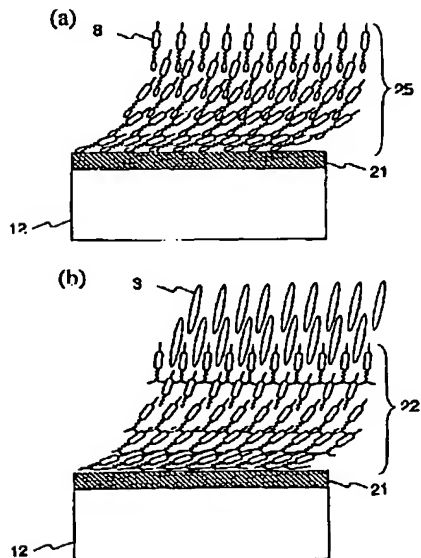
図 4



4...光反応基 5...結合部 6...メソゲン基 7...末端基

【図6】

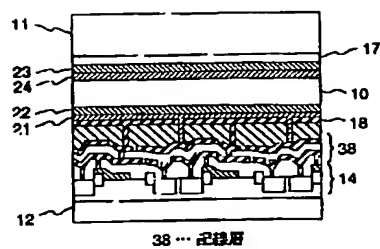
図 6



8...光反応性の低分子液晶 25...光反応前の第二の偏光板

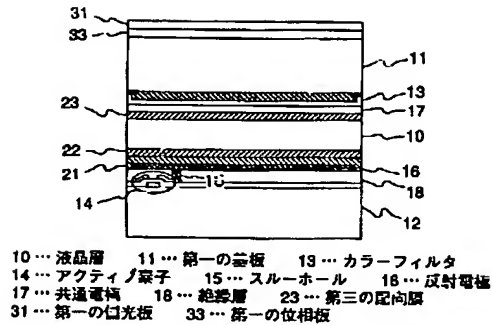
【図12】

図 12



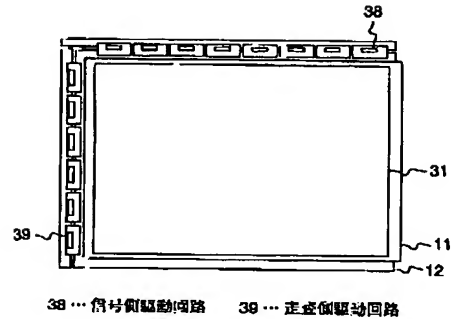
【図7】

図 7



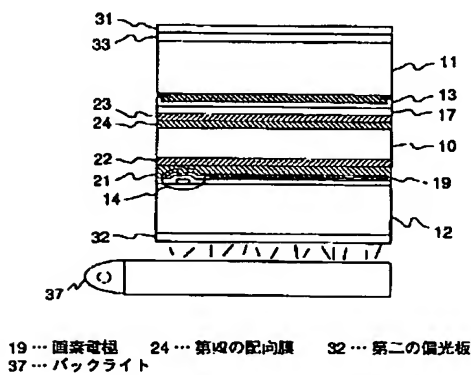
【図8】

図 8



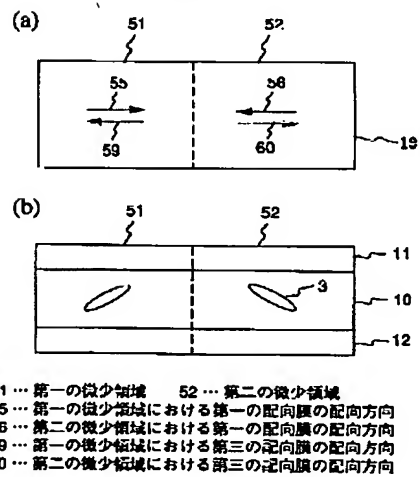
【図9】

図 9



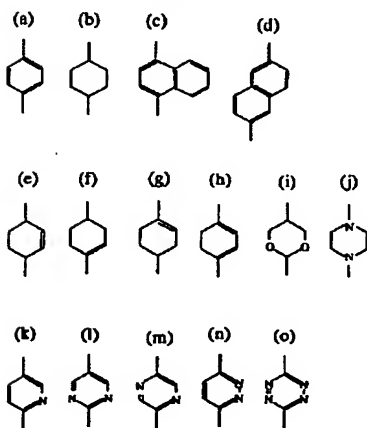
【図10】

図 10



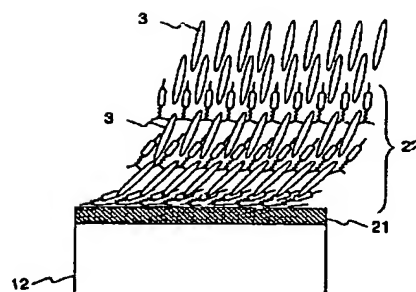
【図14】

図 14



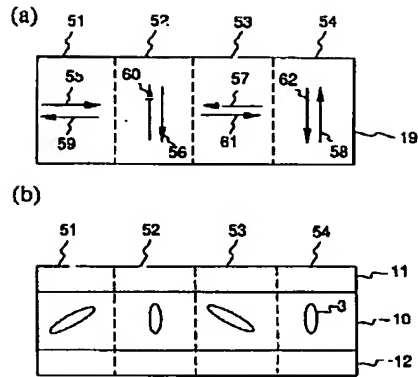
【図15】

図 15



【図11】

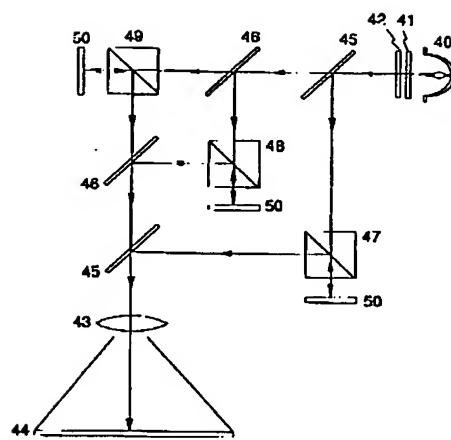
図 11



53…第三の微小領域 54…第四の微小領域
 57…第三の微小領域における第一の配向膜の配向方向
 58…第四の微小領域における第一の配向膜の配向方向
 61…第三の微小領域における第三の配向膜の配向方向
 62…第四の微小領域における第三の配向膜の配向方向

【図13】

図 13



40…光源 41…紫外線カットフィルタ 42…紫外線カットフィルタ
 43…投射レンズ 44…スクリーン 45…Rのダイクロイックミラ
 46…Bのダイクロイックミラ 47…Rの偏光ビームスプリッタ
 48…Bの偏光ビームスプリッタ 49…Gの偏光ビームスプリッタ
 50…液晶表示素子

フロントページの続き

Fターム(参考) 2H090 HA03 HA08 HB04X HB08Y
 HB16Y HC05 HC08 HC15
 HC16 HD14 JB02 JB04 KA04
 LA01 LA02 LA04 LA06 LA09
 LA11 LA12 LA16 LA20 MA01
 MA02 MA11 MA13 MA15 MB01
 2H091 FA02Z FA05Z FA10X FA10Z
 FA11X FA26X FA41Z FB03
 GA01 GA03 GA06 GA08 GA13
 HA06 KA02 LA03 LA17 LA19
 MA07
 2H092 HA04 JA05 JA26 JB57 PA01
 PA02 PA03 PA08 PA10 PA11
 PA13 QA06 RA05
 2H093 NC33 NC34 ND04 ND09 ND22
 NE01 NE02 NE03 NE04 NE06